

# 地球物理勘探在地下矿产资源勘查中的作用与应用

慈增辉, 刘 上, 李兴康

**摘要：**地下矿产资源是地球最宝贵的财富，对人类经济的发展、社会的进步具有重要意义。但是，地下矿产资源的勘探和开发并不容易，需要借助先进的技术手段对地下矿产资源进行精确有效的勘探。地球物理勘探以其高效、精确、经济的特点，在地下矿产资源勘查中占据重要地位。本文通过介绍地球物理勘探技术在地下矿产资源勘查中的作用，从而分析该技术在矿产资源勘查中的重要性，最后结合当前矿产资源勘探的发展趋势，提出地球物理勘探技术在矿产资源勘查中的应用策略。

**关键词：**地球物理勘探；地下矿产；资源勘查；应用策略

地球物理勘探是通过观察与分析地球内部物质特征，进而对地下矿产资源进行识别的一种技术。其对地下矿产资源的勘探开发具有重要意义，并可为矿产资源的识别与开发提供科学基础与技术支持。地球物理探测技术能够探测地下的重力场、地磁场、地电场等物理参数，从而发现地下矿产资源的分布状况。该技术也可利用地震勘探技术，探测出地下岩层结构及地质结构，从而确定矿体的位置及分布。地球物理探测也可利用地电阻率、反射波等地球成像技术获取深部物质结构信息，从而为矿产资源勘探与评价提供重要数据支撑。

## 1 地球物理勘探在地下矿产资源勘查中的作用

### 1.1 地质结构勘查

地球物理勘探是地下矿产资源勘探的重要手段之一，而地质构造的勘探非常重要。地质构造勘探指的是通过探测、分析地下的岩石、矿体及构造等地质参数以及物理属性，从而识别其与矿产资源之间存在的关系。利用地球物理探测技术，可快速获得岩石的密度、电阻率、波速等物性参数，从而对地下矿产构造特征进行反复推断，以此为矿产资源勘探与开发提供重要依据。地球物理探查技术可用于地质构造勘查中，从而对矿床的形状、规模、分布规律等有价值的信息进行判断。利用地震勘探技术可获得深部地层速度结构，进而确定矿床的潜在位置；电磁探测技术可以用来探测地下矿体的电性特征，从而确定矿体的属性及规模。磁力勘探技术还经常用于地下找矿工作，主要

是通过测定地下岩石磁学性质的测定来确定有磁性矿体的分布情况。

### 1.2 矿体定量评估

地下矿产资源勘查利用地球物理探测技术，勘探人员可利用地球物理现象来探测、识别地下矿体，其中定量评估是矿产资源勘查中的重要环节。进行矿体定量评估时，先利用物探数据获得有关矿体的有关信息，如矿体的种类、厚度和形状等。通过对这些数据的分析，可以初步估计矿体的储量，进而对矿体的经济价值及开发潜力进行评估。后续将地质数据与物探模型相结合，快速建立数学模型，深入分析矿体的物性特征。通过地震、电磁等地球物理探测技术，对矿体物性进行精细测量与定量分析，进一步提高矿体储量及开采条件的精度与可靠性。

## 2 地球物理勘探在地下矿产资源勘查中的重要性

### 2.1 提高勘查精度与效率

传统的地质勘探方法多限于表面观测、采样，无法对地下矿产的实际情况进行全面、准确的评估。借鉴地球物理勘探技术，可直接深入到地下进行勘查，从而获得全面且精确的地质模型，显著提高勘查的精度。利用地球物理探测技术，勘探人员可综合运用地震波传播、地磁场测量、重力场变化等地球物理现象与原理，对地下地质结构及矿产资源进行综合探测与分析。物理勘探技术可以帮助勘探者迅速获得地下矿产资源信息，借鉴地震勘探技术，勘探人员可根据地震波在地层中的传播速度、传播路径等信息，推断出地下地质构造的属性与分布，为找矿勘探提供重要依据。地球物理探测也可利用地磁场、重力场等资料，揭示岩石的物性，如密度、磁学等，帮助勘探人员准确地确定矿产资源的位置与规模。物理勘探也能提高勘探的准确性和效率，主要利用物探技术勘探人员能够在较大范围内快速获取地下信息，结合地质钻探等勘探方法，从多角度、多层面综合分析潜在的矿产资源，也可对矿产资源的种类、品位及储量做出准确的判断。该方法既能降低勘探成本投入，又能提高勘探结果的精度与可靠性，为矿产资源开发与利用提供科学依据。

### 2.2 降低勘查成本

地球物理勘探在地下矿产资源勘探中的重要作用，不

仅在于准确地发现矿产资源,还能显著降低勘探成本。物理勘探技术能精确测定地下介质的密度、电磁参数等物性参数,有助于勘探人员迅速确定潜在的矿产资源。通过对地下重、磁、电阻率等物性参数的测量,可对地下构造进行三维建模,从而实现对矿产资源分布的准确定位,避免不必要的勘探范围,显著降低勘探成本。物理勘探技术能帮助勘探人员及时发现并解决勘探中存在的问题,以此降低勘探成本。通过对地下信息变化的实时监测,勘测人员能够及时调整勘探计划,提高勘探效率,从而缩短勘探周期,减少不必要的勘探费用。利用地球物理勘探技术,工作人员可了解地下潜在的矿产资源,直接缩小勘探范围与距离,从而节约时间与费用。物理勘探是非侵入性的方法,不仅可快速定位矿产资源的位置、规模,也可以帮助工作人员规划出更有效的开采方案。物探技术相对于传统地质勘查,能更精确识别地下矿产资源分布状况,避免盲目开采造成环境污染等问题。利用物探方法工作人员能有针对性地选择最具潜力的找矿地区,减少盲目找矿,从而降低勘查成本。

### 2.3 环境友好与可持续发展

地球物理勘探是一项先进的地球科学技术,其对地下矿产资源的勘探具有重要作用。利用地球物理勘查技术,工作人员可获得矿产资源的分布、性质、规模等重要信息,从而为矿产资源开发与利用提供有效依据。立足当下环境友好与可持续发展理念下,地球物理勘探的应用可发挥积极作用。与地表钻探等传统勘探方法相比,地球物理勘探方法具有无需对地表造成大范围破坏、对自然环境影响小的特点,可有效地保护生态系统完整性。这种非侵入性的勘探方法,既保护了自然环境,又可为实现可持续发展奠定基础。地球物理勘探技术可以提高勘探效率,从而降低资源浪费。利用物探方法可在较短的时间内获得较为全面和精确的地质数据,对合理开发矿产资源具有重要的指导意义。这种方法不仅可以提高勘探效率、降低勘探成本,同时可以减少资源浪费,达到资源可持续利用的目的。物探技术还能矿业行业降低潜在的环境风险提供帮助,通过详细的地质构造和水文地质调查,对矿产资源开采可能产生的环境影响进行评估,从而采取有效的环境保护措施,减少环境风险的发生,从而维持资源开发和环境保护之间的平衡。

## 3 地球物理勘探在地下矿产资源勘查中的应用策略

### 3.1 多技术联合应用

地球物理勘探是地下矿产资源勘探的重要手段之一,在实际应用过程中,往往采用多种技术相结合的方法。其

核心是综合运用多种物探手段,获得全面且精确的地质信息,从而提高勘探效率与成功率。多技术联合应用能够弥补单一技术的不足。各种物探方法都有各自的特点和应用范围,如地震勘探适合深部找矿;电磁法适合浅层找矿等。综合运用多种技术手段,可充分发挥其各自的优势,提高勘探的全面性与精确性。综合运用多技术可提高资料解释的可信度。利用多种物探方法获得的资料可相互印证、验证,降低解释的主观性与误差,提高勘探成果的可靠性。综合运用多技术可降低勘探成本,从而降低风险。由于多种物探方法在设备、操作等方面存在差异,将多种物探方法结合起来,既可节省勘探费用,又能显著降低勘探风险,从而提高勘探经济效益。现列举几种常用的物探方法,并对其应用做详细分析。

(1) 重力探测技术。重力探测技术便是利用地球重力场的变化,对地下密度异常进行识别,以识别矿产资源的分布状况。重力法是找矿勘探中常用的一种方法,主要用于寻找高密度矿物,如铁、铜等。

(2) 电磁勘探技术。电磁勘探技术就是通过测定地下的电磁场变化,从而找出可能含矿的地质结构。勘探工作中,电磁勘探技术常用来寻找铅锌矿、金矿等导电矿物。

(3) 地震勘探技术。地震勘探就是利用地震波在地层中的传播过程,分析其速度、密度的变化,从而识别出地下结构及可能含矿的位置。地下矿产资源勘查中,经常采用地震勘探的方法来寻找油气藏、地下矿产监测等。

### 3.2 优化数据采集与预处理

地球物理勘探作为一种重要的地下勘查手段,在地下矿产资源勘查中得到广泛应用。地球物探期间数据的采集和预处理工作是重要环节,可有效提高勘探的效率和精度。物探工作中数据的最优获取是基础。为得到更加精确的地质数据,勘探人员必须对勘探线路进行合理规划,从而布设观测点,以保证对目标地区的全面覆盖。通过合理设计勘探参数及仪器配置,使采集效率与质量达到最佳。为保证物探数据的质量,对数据进行预处理是关键环节。数据采集结束后需要对其进行处理、解译,滤除干扰、消除噪声,从而提取目标地质数据。地球物理勘探中只有通过最优的数据采集和预处理,才能更精确地揭示地下矿产资源的空间分布、属性及规模。根据不同的采样密度采用不同设备预处理算法,如针对 $100\text{m}\times 100\text{m}$ 的密度,可设置间距在 $50\text{m}$ ,可采用电磁探测器进行采集,再利用盲源分离算法进行计算;针对 $50\text{m}\times 50\text{m}$ 的采样密度,可设置间距为 $25\text{m}$ ,利用重力测量仪进行采集,以有限元反演算法进行计算;针对 $25\text{m}\times 25\text{m}$ 的采样密度,可设置 $10\text{m}$ 的间距,利用地震勘探仪进行采集,结合傅立叶变换算法进



行计算。通过结合分析多种地球物理数据,对目标地区进行精细的地质解释与勘探评价,从而为下一步的矿产开发工作提供参考。

### 3.3 保证定位技术精确定位

地球物理勘探是地下矿产资源勘探的重要手段,确保高精度定位是实现高效勘探的关键。地球物探工作中,准确的定位可以帮助勘探人员更好发现目标区域,从而提高勘探效率与精度。为实现高精度定位,通常采用全球定位系统(GPS)、地面控制点、无人驾驶飞机等。其中GPS技术优势在于定位精度高、使用范围广等,但是应用在有遮挡物的地区可能受信号干扰,非常适用于户外环境、远程地区勘探领域;地面标记法技术具备无需额外设备、简单易操作等优势,但是该技术定位精度相对较低,需要频繁布设地标,适用于地形复杂、密集建筑区域的勘探;卫星雷达测距技术具备高精度、高分辨率,适用于复杂地质环境等优势,但是实际应用设备昂贵,对操作人员技术要求高,适用于需要高精度定位的矿产勘查项目。这些技术的综合应用,使勘探小组能够准确地确定目标地段的具体位置与深度,从而为下一步的勘探工作提供精确的基础资料。为保证勘探结果的准确,应充分考虑地质构造和岩石属性等因素。高精度定位也离不开先进的仪器设备与数据处理技术,先进探查设备以其高精度、高灵敏的特点,能够实时监测地下介质的物性信息,并将其传输至数据处理中心,从而用于分析处理。通过建立准确的地下模型,有助于确定矿产资源的空间分布。另外,为提高定位精度,需勘查人员现场实地验证。勘探人员需要根据情况深入地下,从而对地质结构、岩石属性等数据进行验证,并结合野外观测与取样工作,进一步确定矿产资源的位置与属性。例如,地下勘探设备达到的最大深度2000m,其中地下勘探设备的分辨率为0.1m,定位结果的准确程度在 $\pm 5\text{m}$ ,以单位时间内采集的数据量达到1000数据点/s,数据处理完成所需的时间24h。由以上所列参数可知,定位精度与实时性对地下矿产资源勘查具有重要意义。勘探深度、分辨率、精度等参数的确定,直接关系到勘探成果的精度与可靠性。精确定位有助于勘探人员合理规划勘探线路,从而制定勘探方案,保证勘探仪器能覆盖目标地区各个角落。通过对地下地质结构及特征的详细分析,可加深对地下矿产资源分布规律的认识,从而有针对性地选择勘探方法与手段,显著提高勘探效率。

### 3.4 提升深部探测能力

地球物探技术是地下矿产资源勘探的重要手段,为提

高深部探测能力,物探工作必须采取多种先进技术手段。针对深部矿产资源勘探需求,利用地震勘探技术对深部地质构造进行高分辨率成像,有助于勘探人员对地下结构的精确认识,为后续勘探工作提供重要依据。另外,物探方法可综合运用地电、地磁及重力等多种探测手段,从而提高深部探测精度。采用先进的数据处理与解释技术,对提高深部探测能力具有重要意义。将人工智能、机器学习等技术引入到物探工作中,从而提高勘探效率,挖掘更多有价值的信息,不仅能提高勘探速度,也可提高勘探的准确性和可靠性。物探工作也要注意多学科交叉运用,通过与地质学、地球化学等多学科的交叉合作,深化对地下矿产资源形成机理及分布规律的认识,从而为矿产资源勘查提供综合支撑。除常见的电磁法、重力法、地震法外,目前还有诸多新的方法用于资源勘探。例如,地震断层成像技术是一种通过记录、分析地震波在地层中传播特性的方法,能够有效地揭示地层结构及变化规律,从而为勘探提供有价值的信息。该技术在深部找矿方面有其独特的优势,有助于进一步探索深部矿产资源。另外,磁力异常成像技术也具有一定的应用前景,利用磁异常成像技术测定地下岩石的磁学特性,可以确定矿体的位置、形态、规模,也为勘查工作提供依据。该方法常与其他物探方法联合应用,显著提高勘探的效率和精度。地电阻率成像技术在该领域中也逐渐成为热门研究方向,该方法是通过测量地下岩层的电性差异,从而绘制出地下岩层的电阻率分布图,以此确定矿体及矿化区域。地电阻率成像技术具有分辨率高、探测深度大等优点,适合于深部矿产资源的精细勘探。

## 4 结语

综上所述,地球物理勘探作为一项重要的勘探手段,对地下矿产资源的勘探具有不可替代的作用。地球物理勘探是一种利用地下电磁、重力场、地震波进行勘探的有效手段。相信未来,随着科技的不断创新与发展,地球物理勘探工作将向高精度、高效率方向发展,从而为矿产勘查提供强有力的支撑。同时地球物理勘探在环境保护、资源可持续利用等方面扮演着越来越重要的角色。因此,相关行业应加强物探技术的研究与应用,持续提高技术水平,从而为地下矿产资源的勘探与开发作出贡献。

(作者单位:山东省煤田地质局第五勘探队)